

COMPARACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGIAS QUE SE ESTÁN  
IMPLEMENTANDO EN LA PTAR DE RIO DE JANEIRO (BRASIL) Y PAZ DE  
ARIPORO (CASANARE- COLOMBIA)

MICHAEL JAIR GONZÁLEZ GALVIS CÓDIGO: 504666  
CRISTIÁN JAVIER GONZÁLEZ MARTÍNEZ CÓDIGO: 504667

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
VISITA TÉCNICA INTERNACIONAL  
BOGOTÁ  
2017

COMPARACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGIAS QUE SE ESTÁN  
IMPLEMENTANDO EN LA PTAR DE RIO DE JANEIRO (BRASIL) Y PAZ DE  
ARIPORO (CASANARE- COLOMBIA)

MICHAEL JAIR GONZÁLEZ GALVIS CÓDIGO: 504666  
CRISTIÁN JAVIER GONZÁLEZ MARTÍNEZ CÓDIGO: 504667

MONOGRAFÍA DE GRADO

DIRECTOR  
JESÚS ERNESTO TORRES QUINTERO  
ING. CIVIL- MAGISTER EN RECURSOS HIDRÁULICOS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
VISITA TÉCNICA INTERNACIONAL  
BOGOTÁ  
2017



## Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

**Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Compartir bajo la Misma Licencia** — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Bogotá D.C, 10/Noviembre, 2017

## CONTENIDO

Pág.

CONTENIDO .....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. ANTECEDENTES.....	11
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. GENERAL.....	13
2.2. ESPECÍFICOS.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. MARCO DE REFERENCIA .....	15
4.1. MARCO TEÓRICO .....	15
4.1.1. Información del municipio de Paz de Ariporo. ....	15
4.1.2. Procesos principales en plantas de tratamiento de aguas residuales. 16	
4.1.3. Las aguas residuales. ....	16
4.2. MARCO CONCEPTUAL .....	17
4.2.1. Proceso de gases.....	17
4.2.2. Calculo de la emisión de gas.....	17
4.3. MARCO HISTÓRICO.....	22
4.3.1. Historia del tratamiento de aguas residuales en Colombia. ....	22
4.3.2. Planta de tratamiento de aguas residuales CEDAE (Rio de Janeiro – Brasil). 23	
4.4. MARCO LEGAL .....	25
4.4.1. Leyes colombianas.....	25
4.4.2. Leyes brasileñas. ....	26
5. RESULTADOS .....	27

5.1. ETAPA I -- Solicitar información sobre la PTAR del municipio de Paz de Ariporo – Casanare. ....	27
5.2. ETAPA II – Visita a la planta de tratamiento de Agua Residual Paz de Ariporo (Cas) – (Colombia). y recolección de información. ....	27
5.2.1. Visita a la planta de tratamiento de Agua Residual Paz de Ariporo (Cas) – (Colombia).....	27
5.2.2. Visita a planta de tratamiento de Agua Residual de Brasil- CEDAE ..	42
5.3. ETAPA III – Análisis detallado para sus respectivas conclusiones de las visitas. ....	60
CONCLUSIONES .....	66
RECOMENDACIONES .....	68
BIBLIOGRAFÍAS.....	70
ANEXOS .....	73
1. Certificados de los dos estudiantes donde se demuestra la participación en la salida técnica a Rio de Janeiro Brasil y la visita al programa de saneamiento – CEDAE .....	73
2. Autorización para entrar a la planta de tratamiento de Paz de Ariporo – Casanare – Colombia.....	74

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Ubicación del municipio de Paz de Ariporo – Casanare .....	15
Ilustración 2: Visita al CEDAE .....	23
Ilustración 3: Sistema preliminar .....	27
Ilustración 4: Cribado Automático .....	28
Ilustración 5: Cribado mecánico .....	28
Ilustración 6: By Pass .....	29
Ilustración 7: Desarenador .....	30
Ilustración 8: Canaleta Parshall .....	30
Ilustración 9: Trampa de grasas.....	31
Ilustración 10: Pozo de bombeo – vista 1 .....	31
Ilustración 11: Pozo de bombeo – vista 2 .....	32
Ilustración 12: Tanques de carga.....	33
Ilustración 13: Reactor UASB .....	34
Ilustración 14: Tanque de lodos activados.....	35
Ilustración 15: Sedimentador .....	36
Ilustración 16: Canal de contacto.....	37
Ilustración 17: Vista en Planta. Sistema preliminar .....	38
Ilustración 18: Vista en Planta. Reactor UASB .....	39
Ilustración 19: Vista en Planta. Tanque de lodos activados .....	40
Ilustración 20: Vista en Planta. Sedimentador .....	41
Ilustración 21: Vista en Planta. Canal de contacto.....	41
Ilustración 22: Estudiantes del programa de Ingeniería civil – Universidad Católica de Colombia. Visita técnica Febrero 2017– CEDAE Brasil.....	42
Ilustración 23: Esquemático del Agotamiento Sanitario de la Barra de la Tijuca, Recreo de los Bandeirantes y Jacarepaguá.....	43
Ilustración 24: Subestación principal.....	44
Ilustración 25: Vista en planta – CEDAE (Programa de saneamiento en Rio de Janeiro - Brasil) .....	44
Ilustración 26: Vista – Emisario Submarino.....	45
Ilustración 27: Estación de Tratamiento De la Barra de Tijuca – ETE Sector principal .....	46
Ilustración 28: Estación de Tratamiento De la Barra de Tijuca – ETE Sector central.....	47
Ilustración 29: Estación de Tratamiento De la Barra de Tijuca – ETE Sector interior .....	48
Ilustración 30: Tanque de reserva de agua potable .....	49

Ilustración 31: Caja de arena de la PTAR .....	50
Ilustración 32: Tubería por la cual es transportado todo tipo de residuo .....	51
Ilustración 33: Decantador de la PTAR .....	52
Ilustración 34: Secador térmico - PTAR .....	53
Ilustración 35: Tubería para el proceso de lavado de gases .....	54
Ilustración 36: Tanque de lavado de gases .....	55
Ilustración 37: Elevación final .....	56
Ilustración 38: Sistema de control – operacional .....	57
Ilustración 39: Emisario Submarino De la Barra de Tijuca – vista 1 .....	58
Ilustración 40: Emisario Submarino De la Barra de Tijuca – vista 2 .....	58
Ilustración 41: Diagrama de flujo de tratamiento de la PTAR – Paz de Ariporo (Cas. – Colombia) .....	59
Ilustración 42: Diagrama de flujo de tratamiento de la PTAR – Rio de Janeiro (Brasil) .....	59
Ilustración 43: Cubierta del canal de entrada a tratamiento preliminar .....	68
Ilustración 44: Cubierta de captación del gas metano .....	69
Ilustración 45: Perfil esquema PTAR el Tejar .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla1: Diseño de las PTAR.....	60
Tabla2: Verificación de la población estimada para Paz de Ariporo (Cas – Col.) ..	60
Tabla3: Últimos censos y promedio de la población para el año 2047 .....	61
Tabla4: Datos - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	61
Tabla5: Datos – Solidos suspendidos (SS).....	61
Tabla6: Datos – Solidos suspendidos (SS).....	62
Tabla7: Diseño del canal de entrada y de la rejilla de cribado .....	62
Tabla8: Diseño del desarenador .....	63
Tabla9: Diseño del reactor - UASB .....	63
Tabla10: Comparación de ventajas y desventajas de las tecnologías que se implementaron en las PTAR.....	64
Tabla11: Comparación de las tecnologías de manejo de los gases. ....	65

## **1. INTRODUCCIÓN**

Se evidenciará claramente el paralelo realizado por estudiantes de la universidad católica de Colombia, entre los procesos tecnológicos y científicos realizados a las PTAR de Paz de Ariporo Casanare (Colombia) como la de Rio de Janeiro (Brasil), en cuanto el mejoramiento y el tratamiento de aguas residuales, logrando evidenciar en qué país se están utilizando los mejores procesos.

Se podrá identificar cuál de los dos procesos utilizados ha logrado la reducción de impactos ambientales, y sociales en cuanto a temas relacionados con la salud y la higiene de la población cercana a dichos procesos del tratamiento, de igual manera la utilización de químicos y la constante pruebas realizadas en laboratorios para el mejoramiento del proceso.

El método utilizado para las conclusiones finales y la realización de esta tesis tuvo como base el estudio comparativo, luego de las visitas realizadas a las PTAR de Paz de Ariporo Casanare (Colombia) y a la de Rio de Janeiro (Brasil) lo cual permitió después de charlas, conferencias y visitas a universidades como la de USP (Sao Carlos-Brasil) llegar a la realización de este estudio y documento.

## 1.1. ANTECEDENTES

En Paz de Ariporo (Casanare) se contaba con una infraestructura de alcantarillado en buen estado, pero a pesar de ello, el problema consistía en los sistemas de tratamiento. Ya que contaba con 6 lagunas facultativas las cuales no cumplían con la remoción necesaria, lo que generaba malos olores, que ocasionaban un impacto ambiental y de salubridad pública a la población creciente que se evidenciaba alrededor de las mismas. Por dicho motivo se hizo necesario una planta de tratamiento de agua residual con una tecnología avanzada como el sistema UASB.

La nueva PTAR cumplirá con la remoción de la carga contaminante a la fuente receptora (Caño Guarataro) y así mitigar el impacto ambiental que generan las aguas residuales, es por esto que se tomó la decisión de construir una PTAR con una proyección a 30 años brindando un tratamiento satisfactorio a futuro, sin dejar de lado el cumplimiento de la norma que los rige en el tratamiento de aguas residuales (RAS 2000).

“La alcaldía de Paz de Ariporo (Casanare) encabezada por el alcalde actual Favio Alexandro Vega Galindo realizo una inversión de más de 14 mil millones de pesos en la obra de construcción (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) convirtiendo la obra en uno de los proyectos más emblemáticos del Municipio y que entrará en funcionamiento este año.”<sup>1</sup>

Se dio por culminada la parte relacionada con el reactor UASB, el cual tiene como función remover la carga orgánica por medio de un proceso anaeróbico. La PTAR cuenta con un tratamiento primario o preliminar, cuenta con dos cribados uno automático y otro manual, un desarenador, una canaleta Parshall, un pozo de bombeo que sería la parte más importante de la planta, un canal de excesos el cual es utilizado para épocas de invierno, actualmente deben entrar menos de 60 l/s para así a los 30 años estar entrando 122 l/s para una población proyectada de 60.000 habitantes y se cuenta con lechos de secado, los componentes anteriormente mencionados son los unos de los más importantes que cuenta la PTAR.

---

<sup>1</sup> ‘Avanza Construcción Y Puesta En Marcha de La PTAR de Paz de Ariporo’  
<<http://www.pazdeariporo-casanare.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Avanza--construcción-y-puesta-en-marcha-de-la-PTAR-de-Paz-de-Ariporo.aspx>> [accessed 9 November 2016].

## **1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Es importante tener en cuenta que la problemática a resolver es la salud pública y el cuidado del medio ambiente, en este caso se trabajará con el proceso que tienen las plantas de tratamiento de aguas residuales e identificar si los líquidos residuales que son expulsados a un receptor como lo pueden ser el mar, ríos y lagos, tuvieron el tratamiento adecuado, logrando así el contacto directo de posibles bacterias con la población que genere contacto con los receptores de los líquidos residuales.

Con base en la anterior problemática nacen interrogantes a resolver. ¿En la actualidad la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) del municipio de Paz de Ariporo (Casanare) cuenta con mejor o igual tecnología que la (PTAR) de Rio de Janeiro (Brasil)? ¿Es posible que mientras se realiza el proyecto comparativo de estas dos PTAR se logre obtener resultados viables para la comunidad de Paz de Ariporo (Casanare)?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GENERAL**

- Comparar de forma analítica la tecnología del sistema hidráulico y procesos físicos, químicos y biológicos de la PTAR de Rio de Janeiro (Brasil) y la de Paz de Ariporo (Casanare - Colombia), para el beneficio de una comunidad en general.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Analizar cada uno de los sistemas hidráulicos y sus procesos físicos, químicos y biológicos de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Identificar que variables hacen que las tecnologías de tratamiento de estas aguas sean comparables, luego verificar cual es la eficiencia de remoción de contaminantes asociados a cada proceso, de esta manera tener como comparar estos resultados y poder identificar cual proceso de la PTAR de Brasil podría incluirse en la PTAR Paz de Ariporo (Casanare).
- Comparar dos sistemas de tratamiento de aguas residuales, al igual que la eficiencia de remoción de contaminantes asociados a cada proceso.
- Comparar las ventajas y desventajas que tiene la utilización de nuevas tecnologías en la PTAR para así implementarlas en Paz de Ariporo (Casanare).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La recolección de la información luego de la visita a las PTAR de Paz de Ariporo Casanare (Colombia) como la de Rio de Janeiro (Brasil), permitirá el paralelo, de las dos instituciones, en lo que concierne a uso de tecnologías, manejos ambientales y de salud pública, buscando así identificar qué país ha dado un mejor manejo y ha buscado implementar mejor tecnología para el uso de aguas residuales, y cuál sería el método adecuado al que los países deben de llegar para el mejor funcionamiento de sus PTAR, logrando con este estudio comparativo el mejoramiento de la calidad de vida ambiental, social y de salud de las poblaciones que esta pueda afectar.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. MARCO TEÓRICO

**4.1.1. Información del municipio de Paz de Ariporo.** “Paz de Ariporo es un municipio de Colombia, ubicado en el departamento de Casanare. Se encuentra a 456 km de Bogotá. Es el segundo municipio de Casanare por población después de Yopal, además de ser el primero por su extensión.

Tiene una altitud media de 340 m.s.n.m.

Distancias de 96 km a Yopal – Casanare y 456 Km a Bogotá – Cundinamarca.

Población (2015): Total de 36.606 habitantes y urbana de 29.120 habitantes.

Límites: Al noroccidente de Pore, en la región del Piedemonte Llanero. Intersección natural, limitante de tres municipios Támara, Pore; allí nacen los ríos Muese, Guacharúa, Quebrada los Curos y Agua Blanca.”<sup>2</sup>

Ilustración 1: Ubicación del municipio de Paz de Ariporo – Casanare



Fuente: www.mapsofworld.com

<sup>2</sup> '- PAZ DE ARIPORO S.A. E.S.P Nit.844.001.357-0' <<http://www.pzasaesp.gov.co/>> [accessed 9 October 2016].

#### **4.1.2. Procesos principales en plantas de tratamiento de aguas residuales.**

**4.1.2.1. Tratamiento primario.** Es el que remueve los materiales que son posibles de sedimentar, usando tratamientos físicos y físicos-químicos. En algunos casos, las aguas residuales se dejan un tiempo en grandes tanques con sustancias químicas ‘quelantes’ que hacen más rápida y eficaz la sedimentación.<sup>3</sup>

**4.1.2.2. Tratamiento secundario.** Es el que elimina desechos y sustancias, que con la sedimentación no se eliminaron y para remover las demandas biológicas de oxígeno. Este tratamiento incluye procesos biológicos y químicos.

**4.1.2.3. Tratamiento terciario.** Este consiste en procesos físicos y químicos especiales para limpiar aguas de contaminantes como: fósforos, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Este tratamiento suele ser más costoso que los anteriores y se utiliza para purificar desechos de industrias.<sup>4</sup>

**4.1.2.4. Sedimentación física.** Es el proceso por el cual se dejan asentar por gravedad los sólidos en suspensión en las aguas residuales. Las bacterias que crecen en este medio se retiran en un tanque de sedimentación secundario y se ponen de nuevo al tanque de ventilación.

**4.1.3. Las aguas residuales.** Son las que deben pasar por los siguientes tratamientos bases preliminares:

**4.1.3.1. Rejillas.** Son las que retienen en el material grueso, su objetivo es retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de bombas, válvula y aireadores para evitar el daño de las maquinas.<sup>5</sup>

**4.1.3.2. Los tamices.** Son aberturas menores que las rejillas, alrededor de unos 2.5 mm que sirven para remover un porcentaje más alto de sólidos, para evitar el atascamiento de tuberías, filtros y biológicos. Tiene una inclinación particular que deja correr el agua y hace deslizar los desechos por fuera de la malla.

---

<sup>3</sup> Universidad EIA, ‘TRATAMIENTOS EN AGUAS RESIDUALES’.

<sup>4</sup> Adalberto Noyola, Juan Morgan, and Leonor Guereca, *Selección De Tecnologías Para El Tratamiento De Aguas Residuales Municipales, Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 2013, | <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>>.

<sup>5</sup> Universidad nacional abierta y a distancia – UNAD escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente / diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.



**4.1.3.3. Los micro-filtros.** Son planillas giratorias plásticas o de acero por las cuales circula el agua y recogen los desechos y las basuras en su interior, los micro-filtros tienen sistemas de lavado para que así puedan mantener las mallas limpias.<sup>6</sup>

**4.1.3.4. Desarenadores.** Son unidades encargadas de retener arenas, guijarros, tierra y otros elementos vegetales o minerales que traigan las aguas.<sup>7</sup>

## **4.2. MARCO CONCEPTUAL**

**4.2.1. Proceso de gases.** El proceso del lavado de gases es el siguiente:

- En primer lugar, lo que se realiza es una limpieza de la emisión gaseosa de cada contaminante que contiene.
- Luego cada molécula de contaminante del aire es separada del flujo gaseoso mientras entra en contacto con el líquido.
- Los líquidos pueden ser: Agua, reactivo químico o una mezcla de estos dos.
- Una vez lavado el flujo gaseoso, quedaría sin contaminantes.
- El flujo gaseoso es emitido a la atmosfera.

El lavador de los gases genera que haya un contacto del contaminante con el líquido.

Dentro del lavador de gases se realiza un proceso de eliminación de contaminantes del aire como lo pueden ser: Malos olores, vapores, gases tóxicos, etc. Los contaminantes que están dentro de los gases son idóneos para ser absorbidos por un ácido o un alcalino.

**4.2.2. Calculo de la emisión de gas.** El flujo de gas másico de emisión del gas C, se calcula según la siguiente ecuación<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> RODRÍGUEZ, Jenny Alexandra;. INGENIERO AMBIENTAL. Obtenido de INGENIERO AMBIENTAL, Bogotá, D.C, 11 DE NOVIEMBRE DE 2014:

<sup>7</sup> Noyola, Morgan, and Guereca, I.

<sup>8</sup> Roberto Parra Z, Grover Apaza M, and Afnan Agramont A, 'Estimacion De Factores De Emision De Gases De Efecto Invernadero En Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales', *Revista Boliviana de Química*, 27.2 (2010), 81–87.

$$J = \frac{dc}{dt} \frac{M}{V_o} \frac{P}{P_o} \frac{T_o}{T} H$$

Donde:

- J= El flujo másico de emisión del gas C, g/cm<sup>2</sup>.s
- dc/dt= Variación con el tiempo de la concentración de la especie gaseosa C a la salida de la cámara, g/cm<sup>3</sup>
- M= Peso molecular del GEI (Gas de efecto invernadero), g/mol
- P= Presión atmosférica en el sitio de muestreo, mmHg
- T= Temperatura absoluta durante el muestreo, K
- H= Altura de la cámara estática por encima de la superficie del agua
- V<sub>o</sub>, P<sub>o</sub>, T<sub>o</sub>= Volumen del gas, presión atmosférica, temperatura absoluta del aire bajo condiciones estándar.

**La tasa de emisión:** masa de contaminante emitida por unida de tiempo. Se calcula para cada GEI, a partir del flujo másico de gas emitido por el área del espejo de agua de cada laguna:<sup>9</sup>

$$TEM = J * AT$$

Donde:

- TEM= Tasa de emisión, g/s
- J= Flujo másico de GEI, g/cm<sup>2</sup>.s
- A<sub>T</sub>= Área del espejo de agua de la laguna, cm<sup>2</sup>

**El factor de emisión:** masa de contaminante emitida por unidad de actividad del proceso.<sup>10</sup>

La actividad del proceso es la purificación de aguas residuales, que puede expresarse como variación del valor DBO, es decir, ΔDBO definida como la diferencia entre el DBO al inicio y al final.

Conociendo el tiempo de residencia del agua en la laguna T<sub>r</sub>, se puede calcular el factor de emisión FE para una laguna específica, con la siguiente ecuación.

---

<sup>9</sup> Parra Z, Apaza M, and Agramont A.

<sup>10</sup> Marcos Von Sperling, Principios Del Tratamiento Biológico de Aguas Residuales, 2012.

$$FE = TEM * \left( \frac{Tr}{\Delta DBO} \right)$$

Donde:

- FE= Factor de emisión, g/(mg/L de DBO)
- Tr= Tiempo de residencia, s
- ΔDBO= Variación de DBO, mg/L.

**En Brasil:** Parte del control de olores cuenta con La utilización de polímeros catiónicos en la floculación, que al no descomponerse en sulfuros hace que disminuya los olores de manera considerable. Aportan de manera que los gases son liberados.

**Agua Bruta:** Es el agua que jamás ha recibido algún tipo de tratamiento o por otro lado, es el agua que es enviada a la planta de tratamiento.

**Agua Dulce:** Es el agua natural que contiene baja concentración de sales, es el agua que cumple los parámetros para ser tratada y producir agua potable.<sup>11</sup>

**Agua residual:** Es un tipo de agua que incluye: Aguas usadas domésticas y urbanas, residuos líquidos industriales o cualquier agua que haya sido mezclada con una de las anteriores. Esta agua requiere de sistemas de canalización, tratamiento y su desalojo.

**Captación:** Es cuando el agua es recogida y almacenada de cualquier fuente para su debido uso.

**Aducción:** Es la que transporta el agua desde la cuenca hasta la planta de tratamiento, taque de regulación o a una red, mediante tubería o un canal.<sup>12</sup>

**Conducción:** Es un medio que está conformado por tuberías y dispositivos de control, en el cual el agua se transporta en calidad, cantidad y presión desde la fuente de abastecimiento hasta su destino.

**Coagulación:** Es un proceso que genera un incremento de partículas donde se agregan unas a otras para así formar partículas mayores y precipitarse más rápidamente. Los coagulantes cumplen el papel de agentes donde ayudan a la precipitación.

---

<sup>11</sup> Lenntech BV. Historia del tratamiento de agua potable (2016). , de WATER TREATMENT

<sup>12</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño. 3-ED. BOGOTA, D.C: Escuela de ingeniería. 2004

**Desinfección:** Es cuando se genera una destrucción de los microorganismos patógenos que se encuentran en el agua que va ser tratada.<sup>13</sup>

**Efluente:** Es el líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas después de haber pasado por una serie de tratamientos dentro de la planta.

**Floculación:** Es el proceso que sigue a la coagulación, consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.<sup>14</sup>

**Sedimentación:** Es un proceso natural por el cual las partículas más pesadas se encuentran en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad.

**Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR):** Es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reúso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal).<sup>15</sup>

**DBO:** Es el único parámetro que puede dar información confiable en la descomposición de componentes biológicos en las aguas residuales. Mediante la medición en línea del DBO en la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales, se puede calcular la carga entrante.

**DQO (demanda química de oxígeno):** Es la cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica, ya sea biodegradable o no, bajo condiciones de una prueba estandarizada. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales.

**Emisario final:** Son los colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto.<sup>16</sup>

---

13s. d. servicios, informe técnico sobre tratamientos residuales en Colombia. Bogotá.: superservicios. Bogotá d.c (2013).

14 Cárdenas, Yolanda Andía. Tratamiento de agua coagulación y floculación (2000).

<sup>15</sup> 'Importancia Tratamiento :: Cuido El Agua'

<<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/importanciadatratamiento.html>> [accessed 9 September 2016].

16 M. D. Ministerio De Ambiente TECNOLOGIAS INNOVADORAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA MUNICIPIOS MAYORES A 500 HABITANTES Y MENORES DE 300.000. Bogotá. (2014).

**Filtración:** Es un mecanismo de tamizado o micro-cribado por acción conjunta de aspectos físicos, químicos y hasta biológicos.

**Estación de bombeo de aguas residuales:** Es un componente de un sistema de alcantarillado sanitario o combinado utilizado para evacuar por bombeo las aguas residuales de las zonas bajas de una población.

**Lodo primario:** El lodo primario es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. Esto ocurre después de las pantallas y desarenado y consiste en productos no disueltos de las aguas residuales. La composición del lodo depende de las características del área de recogida de las aguas. Generalmente contiene una gran cantidad de material orgánica, vegetales, frutas, papel, etc. en un estado inicial de descomposición. La consistencia se caracteriza por ser un fluido denso con un porcentaje en agua que varía entre 92 % y 96 %. El contenido de agua es función también de la dotación de agua potable que se distribuye en el barrio o ciudad.<sup>17</sup>

**CEDAE:** Es la Sociedad Estatal de Agua y Alcantarillado de Río de Janeiro – (CEDAE) fue fundada con el propósito de proveer servicios de saneamiento en el estado de Río de Janeiro . Es una empresa del estado de la economía mixta. El mayor accionista es el gobierno del estado de Río de Janeiro.<sup>18</sup>

**Interceptor:** Es un conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales, y generalmente se construye paralelamente a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a los mismos.

**Lodo secundario:** En el proceso de tratamiento, es conveniente alcanzar una vida del lodo constante, para lograrlo, la biomasa en exceso debe de eliminarse de la planta biológica de tratamiento de lodo. El lodo secundario es rico en lodo activo.

**Lodo terciario:** El lodo terciario se produce a través de procesos de tratamiento posteriores, con adición de agentes floculantes.

**Lodo activo:** Este lodo, generalmente, está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta además de partes minerales y orgánicas absorbida y almacenada. El comportamiento de sedimentación de los flóculos de los lodos activos es de gran importancia para el funcionamiento de la planta de tratamiento biológico. Los flóculos deben ser removidos, para separar la biomasa del agua limpia, y el volumen requerido de lodo activo puede ser bombeado de nuevo en el tanque de aireación.

---

<sup>17</sup> Alfredo Szarata and others, 'Guía Para El Manejo de Excretas Y Aguas Residuales Municipales', 2004.

<sup>18</sup> Palestrante Eduardo S R Dantas, '– O Caso Da CEDAE-RJ Companhia Estadual de Águas E Esgotos Do Rio de Janeiro - CEDAE', 2010.

**Lodo activo de retorno:** El lodo activo de retorno que proviene del tanque de aireación biológica al clarificador final. Los flóculos de lodo activo sedimentan al fondo y pueden separarse del agua limpia residual. La mayoría del lodo que se lleva de nuevo a tanque de aireación se llama lodo activo de retorno.

**Fango o lodo digerido:** Fangos digeridos tienen lugar en los procesos de digestión aeróbica. Tiene color negro y olor a tierra. La proporción de materia orgánica está entre el 45% al 60%.

### 4.3. MARCO HISTÓRICO

**4.3.1. Historia del tratamiento de aguas residuales en Colombia.** El tratamiento de aguas en Colombia se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales domésticas y los vertimientos agropecuarios están contaminando los ríos, las aguas subterráneas, los humedales y las represas de agua; causando un grave daño al medio ambiente y a la salud humana.<sup>19</sup>

Los vertimientos generados por el sector agrícola colombiano son los más contaminantes. A este tipo de descargas les siguen las realizadas por grandes ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Cartagena y Barranquilla; seguidas por las del sector industrial, sobre todo por los productores de alimentos. Por ello, el tratamiento de aguas residuales en Colombia es un problema prioritario a resolver.

Las aguas residuales pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas, por ejemplo, con tanques sépticos u otros medios de depuración. Químicos como el hipoclorito sódico también se utilizan para eliminar algas y bacterias y obtener un agua pura y limpia. La otra opción para tratar las aguas residuales es utilizar un sistema de tuberías y dirigir el agua a una planta de tratamiento municipal.<sup>20</sup>

A la hora de eliminar los contaminantes que existen en el agua, se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación que consiste en dejar que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta

---

<sup>19</sup> Twenwegy, 'El Tratamiento de Aguas Residuales En Colombia - Twenergy', 2014 <<https://twenergy.com/co/a/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-colombia-1142>> [accessed 21 January 2017].

<sup>20</sup> De Impacto Ambiental, 'Planta de Tratamiento de Aguas Residuales'.

otros más complejos como la filtración, a través de mallas y tamizados, o la evaporación. También se utilizan métodos químicos, como la precipitación química o la reducción electrolítica; y otros biológicos, como son lodos activos, filtros bacterianos o lagunaje, conocidos también como tratamientos secundarios. Son precisamente estos últimos los más habituales en el tratamiento de aguas en Colombia.<sup>21</sup>

El tratamiento de aguas residuales en Colombia es fundamental para la recuperación ambiental de las cuencas hidrográficas más contaminadas del país y para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.<sup>22</sup>

#### 4.3.2. Planta de tratamiento de aguas residuales CEDAE (Rio de Janeiro – Brasil).

Ilustración 2: Visita al CEDAE



Fuente: Autores

<sup>21</sup> Karen Alejandra Bueno Zabala, 'Evaluación Del Proceso de Estabilización Del pH Del Agua Tratada Del Río Cauca', 2014.

<sup>22</sup> Nolasco, D. A. (2010). Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Banco Interamericano de Desarrollo.

Programa de Saneamiento de Barra da Tijuca, Recreio y Jacarepaguá – PSBJ El Gobierno del Estado de Río de Janeiro, con recursos del presupuesto de FECAM - Fondo Estatal para la Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Urbano, y con el ejecutor CEDAE, está implementando el Programa de Saneamiento de Barra da Tijuca, Recreio y Jacarepaguá (PSBJ). El programa tiene como objetivo implementar sistemas de alcantarillado completos en Barra da Tijuca, Jacarepaguá y Recreio.

El PSBJ está diseñado para el horizonte de 30 años con respecto a la colección de macrosituación, el tratamiento y la eliminación de 5.300 litros por segundo de agua residual, lo que representa una capacidad instalada para cumplir con el desarrollo urbano de la región en las próximas décadas. El trabajo comenzó el 10 de abril de 2001.<sup>23</sup>

**4.3.2.1. Las aguas residuales de Barra da Tijuca.** El Programa PSBJ tiene dos hitos: la planta de tratamiento de aguas residuales de Barra da Tijuca, que actualmente es el volumen de 1600 litros por segundo de aguas servidas que se proporcionó en el sistema lagunar y emisario que lleva todas las aguas residuales tratadas en el mar, 5000 m de la costa y 45 metros de profundidad. En la actualidad, la mayoría de las áreas de los tres distritos, Barra da Tijuca, Jacarepaguá y Recreio están ya vendiendo.

A finales de 2016 se debe recoger hasta 2900 litros de aguas residuales por segundo cuando, se cumplan las principales áreas de la cuenca llamada de Jacarepaguá, incluyendo los tres distritos mencionados anteriormente.<sup>24</sup>

**4.3.2.2. Planta de tratamiento.** Barra da Tijuca – ETE Construido para soportar 3.000 litros de aguas residuales por segundo, el tratamiento previo y el tratamiento primario de las aguas residuales recibidas, con capacidad de expansión para tratar hasta 5.300 litros de aguas residuales por segundo. ETE Barra da Tijuca se compone de la siguiente manera: Unidad de decantación, desarenado Unidad, Fomento del apoyo, la bomba final, subestación principal, bombeo de espuma, Ascensor Sala de Control de la final, Medición Booth, deshidratación y secado térmico de fangos Olor Tratamiento y Administración del laboratorio, tanque de agua potable y el tubo vertical.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> 'Saneamento Da Barra Da Tijuca, Recreio Dos Bandeirantes E Jacarepaguá' <[http://www.cedae.com.br/saneamento\\_barra\\_recreio\\_jacarepagua](http://www.cedae.com.br/saneamento_barra_recreio_jacarepagua)> [accessed 2 May 2017].

<sup>24</sup> Dantas.

<sup>25</sup> 'Saneamento Da Barra Da Tijuca, Recreio Dos Bandeirantes E Jacarepaguá'.



#### 4.4. MARCO LEGAL

**Ley 99 de 1993:** Definió la naturaleza jurídica de las Corporaciones Autónomas Regionales con cuyo amparo, CORPORINOQUIA ejecuta las funciones de autoridad ambiental en la Orinoquia Colombiana, conformada por los Departamentos de Casanare, Arauca y Vichada y los municipios de Guayabetal, Quetame, Cáqueza, Chipaque, Choachí, Fosca, Ubaque, Paratebueno, Gutierrez y Une en Cundinamarca; y los municipios de Pajarito, Paya, Pisba, Labranza grande y Cubará en Boyacá, en virtud de las cuales ejerce la administración, conservación, fomento y reglamentación de las aguas superficiales y subterráneas, así como el estudio, seguimiento y monitoreo, control, manejo y conservación de las cuencas hidrográficas, con el fin de procurar la renovabilidad del recurso y el mejor servicio a los usuarios del mismo, en los aprovechamientos agropecuarios, industriales y domésticos.

##### 4.4.1. Leyes colombianas.

**Artículo 366.** “El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Sera objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación”.

**Artículo 367.** “La Ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas”.

**Decreto 303 del 6 de febrero de 2012:** Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto Ley 2811 de 1974 en relación con el registro de usuarios del recurso hídrico para el componente de concesión de aguas y el componente de autorizaciones de vertimientos y se dictan otras disposiciones relacionadas con el ámbito de aplicación, formato de registro, plazo, reporte y consolidación de información. La operación del registro de usuarios del recurso hídrico deroga en especial el Decreto 1324 de 2007 y el inciso segundo del artículo 74 del Decreto 3930 de 2010.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> MINAMBIENTE, ‘Decretos | Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible’  
<<http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos>> [accessed 10 August 2017].

**Resolución 1096 de 2000:** “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS”.<sup>27</sup>

**Decreto 3930 de 2010.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

**Decreto 1594 de 1984.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.<sup>28</sup>

**Decreto 1594 del 22 de diciembre de 1986:** Reglamenta los usos del agua y el manejo de los residuos líquidos.

#### **4.4.2. Leyes brasileñas.**

**Artículo 1 Ley 9433/97.** El agua es un bien del dominio público; el agua es un recurso natural limitado y dotado de valor económico; el consumo humano y de animales son prioritarios en situaciones de escasez; proporcionar los múltiples usos; la cuenca hidrográfica como unidad territorial para la planificación y gestión; la gestión descentralizada y participativa

**Artículo 2 Ley 9433/97.** Garantizar agua en calidad y cantidad adecuada a los respectivos usos para la actual y para las futuras generaciones. Proporcionar e incentivar el uso racional e integrado de los recursos hídricos con miras al desarrollo sostenible. Promocionar la prevención y la defensa contra los eventos hidrológicos críticos de origen natural o decurrentes del uso inadecuado de los recursos naturales.

**Decreto 4.755, de 20 de julio de 2003 y Decreto 5.776, de 12 de julio de 2003 y Decreto 5.776, de 12 de mayo de 2006.** Establece la competencia de la SRH/MMA para coordinar la elaboración del PNRH y auxiliar en el monitoreamiento de su implementación.

**Decretos Ministeriales Nos 274/2004 y 277/2005.** Instituye las doce Comisiones Ejecutivas Regionales.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento Básico RAS-2000. Bogotá D.C. noviembre de 2000

<sup>28</sup> 'DECRETO\_1594-1984\_usos\_del\_agua\_y\_residuos\_liquidos'.

<sup>29</sup> Secretaria de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano Ministerio de Medio Ambiente- Brasil.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. ETAPA I -- Solicitar información sobre la PTAR del municipio de Paz de Ariporo – Casanare.**

En anexos se podrá observar, foto de los permisos correspondientes que fueron entregados a la alcaldía de dicho municipio para su respectiva aprobación y de esta manera poder realizar la visita técnica a la PTAR de Paz de Ariporo (Casanare).

### **5.2. ETAPA II – Visita a la planta de tratamiento de Agua Residual Paz de Ariporo (Cas) – (Colombia). y recolección de información.**

#### **5.2.1. Visita a la planta de tratamiento de Agua Residual Paz de Ariporo (Cas) – (Colombia).**

##### **5.2.1.1. Documentación visual de la PTAR de Paz de Ariporo.**

Ilustración 3: Sistema preliminar



Fuente: Autores

Primero que todo se observara un tratamiento primario o preliminar, en la ilustración 3 se encuentran dos cribados, uno que va hacer mecánico y el otro automático, el mecánico es el normal al cual se le hace la limpieza manualmente. Por el lado derecho va la parte manual y por el lado izquierdo va la parte automática.

Por otro lado, en la ilustración 3 se observará un canal de excesos, que es lo que pasa, que primordialmente en Paz de Ariporo las conexiones de aguas lluvias están conectadas al sistema sanitario, entonces en la época de invierno se tendrá picos de 120 a 160 L/s.

Dentro de los cálculos del sistema, primero que todo la planta esta para 30 años, se supone que según la proyección para que dentro de 30 años se están entrando 120 L/s, lo que quiere decir es que actualmente en la hora pico tiene que estar entrando menos de 60 L/s.

Ilustración 4: Cribado Automático



Fuente: Autores

Ilustración 5: Cribado mecánico



Fuente: Autores



La PTAR está diseñada para 120 L/s y se criban 344 L/s, los cribados trabajarían ambos (mecánico y automático) únicamente cuando la Planta siempre está a los 120 L/s ósea al máximo, pero mientras tanto no hay necesidad.

Cuando el caudal máximo horario este en 30 L/s, se trabajaría con esos 30 L/s, pero esto afectaría el tiempo de retención de este tanque ya que en los 60 L/s se demoraría 7 horas pues con los 30 L/s se demoraría 14 horas.

Ilustración 6: By Pass



Fuente: Autores

Entran 120 L/s y los otros litros se van por el by Pass, esos que se van por el by Pass es agua demolida o lluvia, esta llega por otro by pass perimetral de 24 pulg que van a llegar a las lagunas de estabilización.

Ilustración 7: Desarenador



Fuente: Autores

El desarenador que se observaría en la ilustración 7 entran 120 L/s cuando la planta de tratamiento de agua residual este al 100%, de lo contrario entrarían el caudal máximo horario de 30 L/s. Pues este caudal se verificaría con la canaleta Parshall que se observaría en la ilustración 8.

Ilustración 8: Canaleta Parshall



Fuente: Autores



Ilustración 9: Trampa de grasas



Fuente: Autores

Ilustración 10: Pozo de bombeo – vista 1



Fuente: Autores

Después de observar la trampa de grasas en la ilustración 9, se procede a analizar un punto muy importante el cual es el pozo de bombeo. Este pozo de bombeo es la vida de la planta si falla el pozo de bombeo falla todo.

Se cuenta con 5 bombas, son 4 bombas de 60 L/s y 1 bomba de 120 L/s, que es lo que pasa, que de esas 4 bombas de 60 L/s, 2 de ellas bombearan a un tanque de carga (ilustración 12) y las otras dos a otro tanque de carga (ilustración 12). Estas bombas funcionan alternas, no funcionan ambas porque sería innecesario para el caudal que este entrando ya que 2 de ellas estarían bombeando 120 L/s, entonces se estarían utilizando solo 2 bombas una para cada tanque de carga y quedarían 3 bombas de reserva de las cuales las 2 bombas de 60 L/s faltantes se pondrían a funcionar si hay un aumento significativo en el caudal.

Ilustración 11: Pozo de bombeo – vista 2



Fuente: Autores

Este pozo de bombeo cuenta con que, si falla la bomba 1 del módulo derecho entonces esta la bomba 2 del módulo derecho, pero simultáneamente están las 2 bombas del módulo izquierdo y la bomba de emergencia de 120 L/s la cual abastece los dos tanques de carga.



Analizando las probabilidades en que falle el sistema de bombeo, se puede decir que son muy mínimas ya que para que suceda esto, tendrían que dejar de funcionar las 5 bombas al tiempo.

Una de las ventajas del sistema automatizado es que si falla la bomba principal (bomba 1) en el centro de control, automáticamente se pone a trabajar la bomba 2. Lo indicado es, que si se dañó la bomba 1 se saque y se haga el respectivo mantenimiento para evitar el deterioro del mismo ya que las conexiones van a estar en la superficie, pero la bomba estaría a 7 metros de profundidad la cual tiene el pozo de bombeo.

Ilustración 12: Tanques de carga



Fuente: Autores

Por otro lado, desde el pozo de bombeo se envía el agua residual a los tanques de carga (Ilustración 12) que le dan cabeza hidráulica al agua.

El proceso esta mediante una red de tuberías por la cual sube el agua y baja, pasa por unos pasamuros, dentro de estos pasamuros hay una red de tubería con 3 tubos perforados con el fin de que haya una aspersion y el agua suba al pistón pared.

Posteriormente lo que nos dan los tanques de cargas es la cabeza hidráulica para que el reactor de tipo UASB (Ilustración 13) llene, igualmente hay unas rejillas instaladas en los tanques de carga para evitar que entren partículas y los tapen.

Ilustración 13: Reactor UASB



Fuente: Autores

Este es un sistema anaerobio que trabaja con un flujo ascendente donde da la mayor eficiencia de remoción de contaminación del reactor UASB, luego ya el agua clarificada que ya empieza a ser el agua aerobia o la bacteria aerobia sale por una canal de recolección que hay interno en las campanas y se saca por tubería para conectarlo al tanque de lodos (Ilustración 14).

La primera línea de pasa muros es la línea de carga al tanque, la segunda y tercera línea de pasa muros son para purgas, para purga del tanque, la purga es revisar el nivel de bacterias y sacar bacterias del tanque, la última línea de pasa muros ya es la del agua clarificada. Ver (Ilustración 13).

El último nivel del agua clarificada se dirige por el pasa muro, se baja todo y se conecta a un tubo de 14" que va a recoger el agua y la va a inyectar al tanque de lodos el cual se observa en la (ilustración 14).

Ilustración 14: Tanque de lodos activados



Fuente: Autor

El sistema de lodos se buscó optimizar inyectándole aire, este sistema va a quedar con unos compresores y unos difusores de micro burbujas los cuales el difusor de micro burbujas va agregarle más aire para acelerar el crecimiento de la bacteria. Correspondiente a esto la bacteria tiene un tiempo de vida y si no se alimenta la bacteria se va a morir, lo cual va a generar un lodo en la parte inferior del tanque y para esto se va aplicar unos “asteriscos portadores” que son plásticos que se le agrega al tanque que es como un imán para la bacteria.

Dado lo anterior la bacteria se pega al portador y la micro burbuja sube al portador, entonces cuando la bacteria cae al piso es cuando prácticamente está muerta, contando que hay bacterias que se caen por el peso, entonces se busca mejorar este punto con los portadores para generar menos lodos. El proceso anteriormente mencionado es totalmente aerobio, ya que contiene aire y esta destapado de ahí en adelante sale por tubería.

Del pozo de lodos activados en adelante, se trabaja por gravedad hay un tramo de tubería, pero después se trabajó por canal abierto.



Ilustración 15: Sedimentador



Fuente: Autor

De ahí se pasa al tanque sedimentador (Ilustración 15), lleva una red de tubería interna con los difusores de micro burbujas. Tanto por el lado derecho como por el lado izquierdo se pueden observar los compresores, los cuales son los que le van a aplicar el aire.

El sedimentador lo que va hacer como su nombre lo dice es sedimentar los sólidos y sacar un agua más pura. Se espera que cuando el agua residual llegue al sedimentador se obtenga un porcentaje de remoción del 90%.

Anteriormente se había propuesto realizar una desinfección con rayos UV, pero se hicieron unos análisis llegando a la conclusión que el agua sale con una cantidad apropiada de nutrientes, un agua clara donde es apta para el consumo del ganado al igual que es apta para riegos. Entonces no sería conveniente aplicar los rayos ultra violeta ya que estos eliminarían totalmente los nutrientes que contiene el agua resultante de allí, por otro lado, sin aplicar estos rayos UV y con la remoción del 90 %, se estaría cumpliendo con la norma RAS 2000 ya que lo importante es cumplir con dicha norma.

Ilustración 16: Canal de contacto

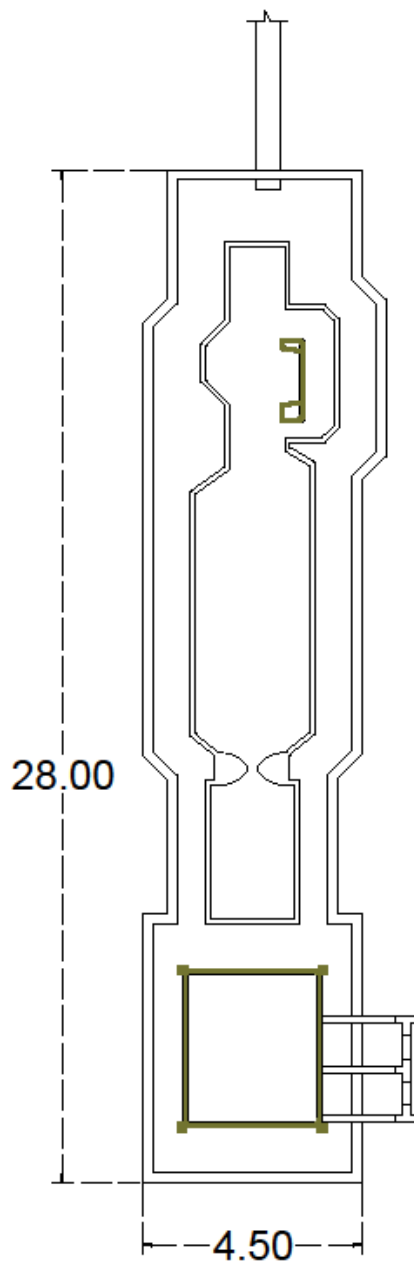


Fuente: Autor

Luego de que el agua pase por el canal de contacto (Ilustración 16), por medio de tubería subterránea es dirigida hacia una sub cuenca del rio Ariporo (Rio principal del municipio).

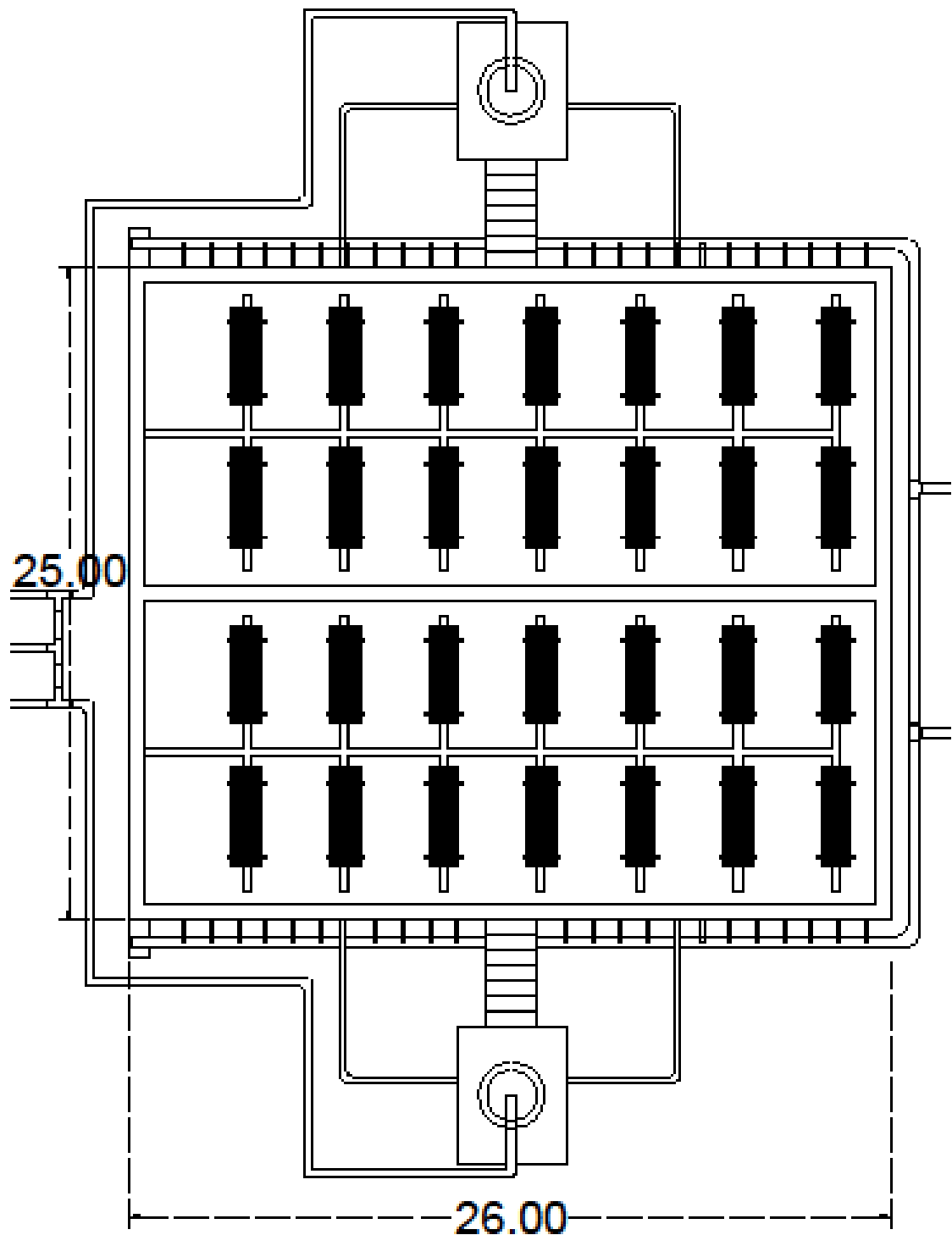
#### 5.2.1.2. Planos de los sistemas de la PTAR- Dimensiones en metros

Ilustración 17: Vista en Planta. Sistema preliminar



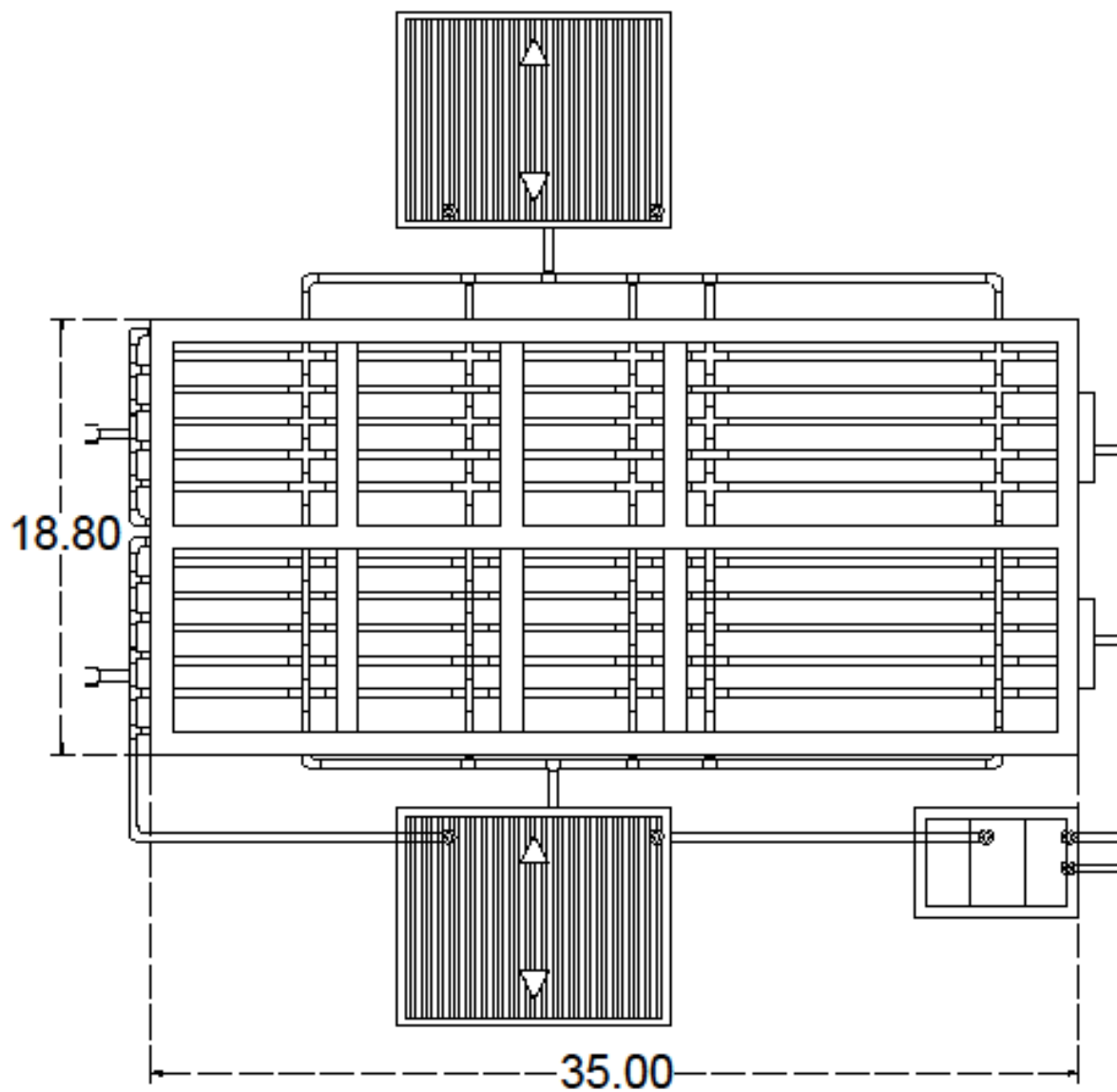
Fuente: Hecho por autores, dimensiones tomadas de planos originales de la PTAR de Paz de Ariporo.

Ilustración 18: Vista en Planta. Reactor UASB



Fuente: Hecho por autores, dimensiones tomadas de planos originales de la PTAR de Paz de Ariporo.

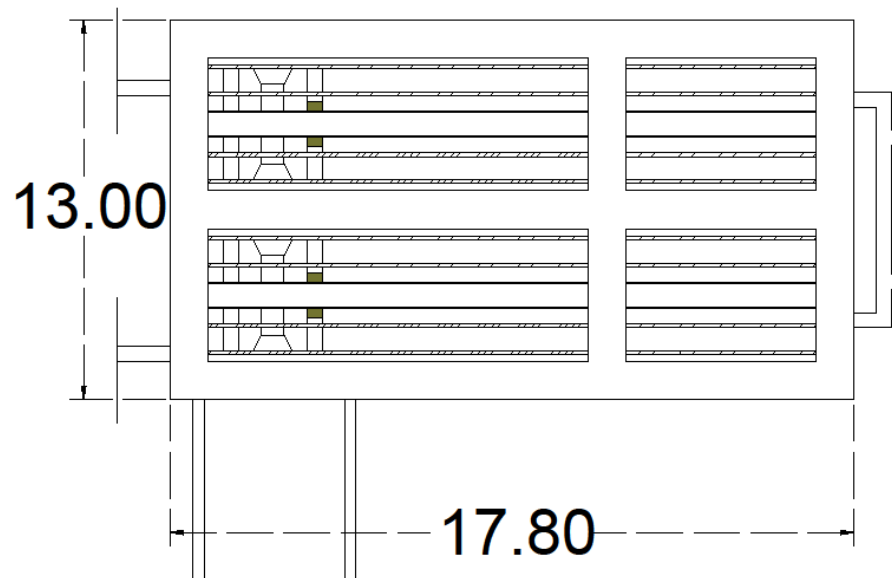
Ilustración 19: Vista en Planta. Tanque de lodos activados



Fuente: Hecho por autores, dimensiones tomadas de planos originales de la PTAR de Paz de Ariporo.

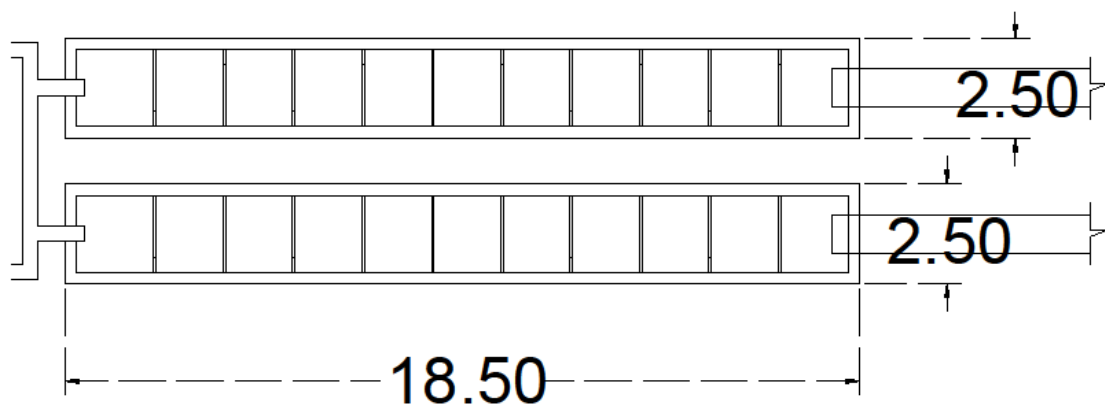


Ilustración 20: Vista en Planta. Sedimentador



Fuente: Hecho por autores, dimensiones tomadas de planos originales de la PTAR de Paz de Ariporo.

Ilustración 21: Vista en Planta. Canal de contacto



Fuente: Hecho por autores, dimensiones tomadas de planos originales de la PTAR de Paz de Ariporo.

### 5.2.2. Visita a planta de tratamiento de Agua Residual de Brasil- CEDAE

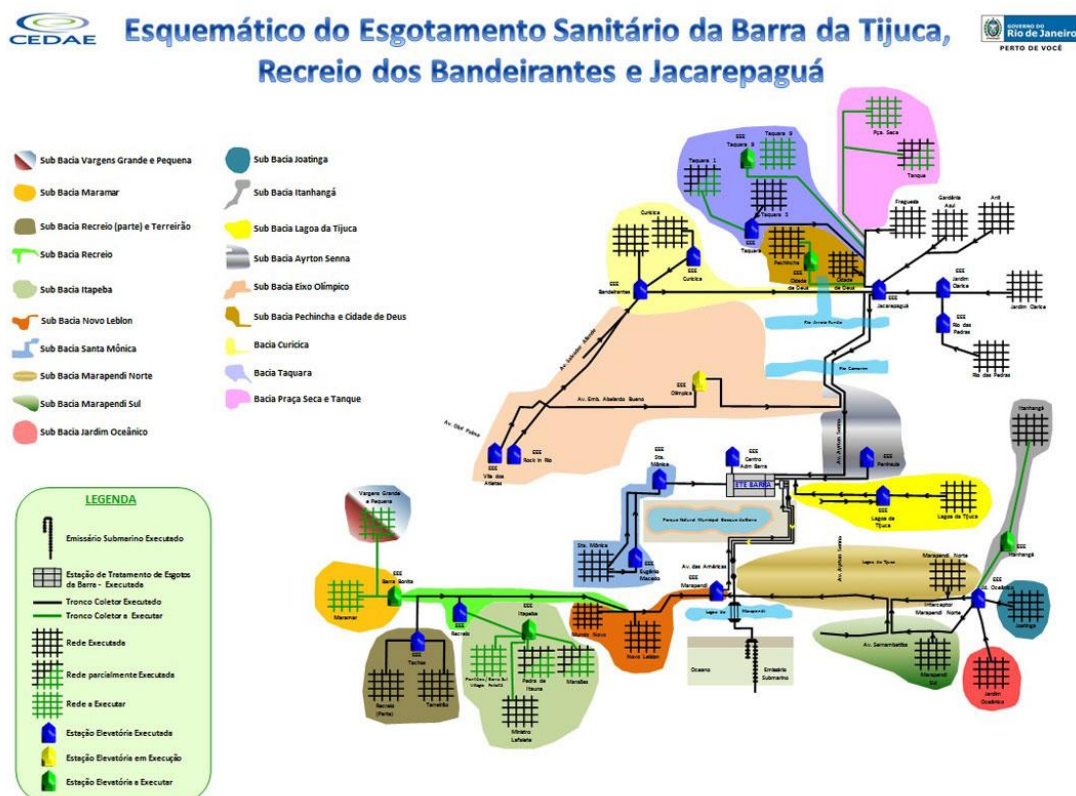
Ilustración 22: Estudiantes del programa de Ingeniería civil – Universidad Católica de Colombia. Visita técnica Febrero 2017– CEDAE Brasil



Fuente: Autores

Dentro del mecanismo que contiene la planta de tratamiento CEDAE – Brasil, primero que todo se resalta que su tratamiento es tipo primario debido a que los desechos que llegan a dicha planta son de gran tamaño y estos son conducidos hacia el mar a una distancia muy lejana de la costa mediante un emisario submarino. Lo anterior es realizado con el fin de evitar consecuencias graves a una población de gran tamaño como lo es la de Brasil evitando contaminar el medio ambiente. Como estos residuos caen al mar y la misma agua puede transmitir virus o enfermedades graves, lo que planta brinda es que con el mantenimiento realizado constantemente a los líquidos residuales (efluente), eliminan las bacterias que conllevan y así evitar daños en la salud.

Ilustración 23: Esquemático del Agotamiento Sanitario de la Barra de la Tijuca, Recreo de los Bandeirantes y Jacarepaguá.



Fuente: [http://www.cedae.com.br/portals/0/images/psbj\\_subhome\\_10.jpg](http://www.cedae.com.br/portals/0/images/psbj_subhome_10.jpg)

Programa de Saneamiento de la Barra de la Tijuca, Recreo de los Bandeirantes y Jacarepaguá – PSBJ. El Gobierno del Estado de Río de Janeiro, con recursos presupuestarios del FECAM (Fondo Estadual de Conservación Ambiental y Desarrollo Urbano), y teniendo como ejecutora la CEDAE, está implantando el Programa de Saneamiento de la Barra de la Tijuca, Recreo de los Bandeirantes y Jacarepaguá (PSBJ) . El programa pretende implantar sistemas completos de agotamiento sanitario en la Barra de Tijuca, en Jacarepaguá y en el Recreo de los Bandeirantes.

El PSBJ está proyectado para el horizonte de 30 años en lo que se refiere a la macro situación de recolección, tratamiento y destino final de 5.300 L/s de alcantarilla, lo que representa una capacidad instalada para atender el desarrollo urbano de la región por los próximos decenios. Las obras comenzaron el 10 de abril de 2001.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> 'Saneamento Da Barra Da Tijuca, Recreio Dos Bandeirantes E Jacarepaguá'.



Ilustración 24: Subestación principal



Fuente: Autores

Ilustración 25: Vista en planta – CEDAE (Programa de saneamiento en Rio de Janeiro - Brasil)



Fuente: [http://www.cedae.com.br/conheca\\_centros](http://www.cedae.com.br/conheca_centros)

El CEDAE (Programa de saneamiento en Rio de Janeiro - Brasil), no solo busca recoger y tratar el líquido residual (efluente) el cual es obtenido en la planta de tratamiento de agua residual, si no también cumple la función de transportarlo; teniendo como punto final la costa más lejana del mar ya con un efluente en mejores condiciones.

El programa de saneamiento actualmente brinda estos beneficios aproximadamente a 700.000 habitantes realizando inversiones millonarias, esta planta cuenta con un caudal medio de efluente de  $1,93 \text{ m}^3/\text{s}$  pero su diseño abarca un caudal final de  $2,94 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ilustración 26: Vista – Emisario Submarino



Fuente: CEDAE – Brasil

Dentro de las especificaciones, cuando el efluente ya tratado es enviado al mar, su distancia desde su origen hasta el punto final de llegada es de más de 5 km luego de que este líquido caiga al fondo del mar, se sumerge a una profundidad de aproximadamente 45 m. Luego de este proceso para evitar los daños al medio ambiente también se cuenta con una herramienta llamada “Difusores” ya que estos vienen diseñados especialmente para que estos líquidos no contaminen el agua.



Ilustración 27: Estación de Tratamiento De la Barra de Tijuca – ETE Sector principal



Fuente: [http://www.cedae.com.br/portals/0/images/barra\\_10.jpg](http://www.cedae.com.br/portals/0/images/barra_10.jpg)

El tratamiento primario es dirigido mediante la barra de estaciones, tiene una función fundamental la cual es: Ajustar las Alcantarillas para evitar algún imprevisto en el momento de expulsar el efluente por el emisario submarino, el cual se puede observar en la ilustración 26. Cuenta con 12 importantes componentes que se mencionaran a continuación:

1. Subestación principal
2. Centro de operaciones
3. Canales de entrada para aguas residuales
4. Barandilla delgada
5. Decantadores
6. Bombeo de escoria.
7. Tubo vertical
8. Extremo de elevación
9. Desarenadores aireados
10. Deshidratación y el lodo secado por calor
11. Tratamiento de olores
12. Laboratorio.

Ilustración 28: Estación de Tratamiento De la Barra de Tijuca – ETE Sector central



Fuente: [http://www.cedae.com.br/portals/0/images/recreio\\_10.jpg](http://www.cedae.com.br/portals/0/images/recreio_10.jpg)

Antes de que el agua sea enviada 5 km a partir de la costa, contando con los 45 m de profundidad, la planta de tratamiento de agua residual cuenta con un caudal de 1600 L/s de agua utilizada dentro del sistema lagunar antes del emisario, el cual es el medio que envía el agua al mar. “Culminando el año 2016 se recogió 2900 L/s de aguas residuales ya después de haber ampliado el área de la cuenca que tiene por nombre Jacarepagua y contando con los distritos de Barra de Tijuca y Recreio”<sup>31</sup>. En la ilustración 27 se observa una de las estaciones.

---

<sup>31</sup> ‘Saneamento Da Barra Da Tijuca, Recreio Dos Bandeirantes E Jacarepaguá’.

Ilustración 29: Estación de Tratamiento De la Barra de Tijuca – ETE Sector interior



Fuente: [http://www.cedae.com.br/portals/0/images/barra\\_20.jpg](http://www.cedae.com.br/portals/0/images/barra_20.jpg)

Barra da Tijuca – ETE Construida para soportar  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  de aguas residuales junto con su tratamiento primario y su tratamiento previo que cuentan con la entrada de aguas residuales y una capacidad de expansión de  $5.3 \text{ m}^3/\text{s}$ . A continuación, se mencionarán los 13 componentes de Barra da Tijuca:



1. Subestación principal
2. Unidad de decantación
3. Unidad de desarenado
4. Fomento del apoyo
5. Bomba final
6. Bombeo de espuma
7. Ascensor Sala de Control de la final
8. Medición Booth
9. Deshidratación
10. Secado térmico de fangos Olor Tratamiento
11. Administración del laboratorio
12. Tanque de agua potable (Observar la ilustración 30)
13. Tubo vertical.

Ilustración 30: Tanque de reserva de agua potable



Fuente: Autores

A continuación, se observará el sitio donde se encuentran los desarenadores (Ilustración 31) de la planta de tratamiento de agua residual, que cumplen la función de retener todo tipo de arena que conlleva el líquido residual y buscando como objetivo principal evitar que esto entre al canal de aducción donde puede ocasionar daños en el proceso de tratamiento.

Ilustración 31: Caja de arena de la PTAR



Fuente: Autores

Ilustración 32: Tubería por la cual es transportado todo tipo de residuo



Fuente: Autores



Ilustración 33: Decantador de la PTAR



Fuente: Autores

El proceso de tipo primario que se realiza en esta planta de tratamiento de agua residual, entre sus componentes también cuenta con un decantador que se puede observar en la Ilustración 33, dicho decantador cumple la función de eliminación de lodos junto con la eliminación de escoria sedimentada, la cual se encuentra de manera flotante y otra función que cumple es la de alcanzar un caudal de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ilustración 34: Secador térmico - PTAR



Fuente: Autores

En la Ilustración 34 se observará el secador térmico con el que cuenta la planta de tratamiento de agua residual, el cual mediante aire caliente a baja temperatura cumple la función de reducir en un 65% el peso y la capacidad de contaminación de los lodos extraídos de la PTAR. También al realizar este proceso se incrementan los sólidos decantados de un 30% a un 80%.



Ilustración 35: Tubería para el proceso de lavado de gases



Fuente: Autores

El lavado de gases es la tecnología mediante la cual se limpia una emisión gaseosa de los contaminantes que contiene. Habitualmente, las moléculas de contaminante del aire son separadas del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido, que puede ser agua, un reactivo químico o una combinación de éstos. El flujo gaseoso, una vez lavado, está libre de contaminantes y puede ser emitido a la atmósfera. El contacto del contaminante con el líquido depende del tipo de lavador y puede ser por empaque húmedo, burbujeo, aerosol, etc.<sup>32</sup>

Generalmente, el lavado de gases se utiliza para eliminar contaminantes del aire como olores, vapores, gases tóxicos, etc. Para ello, en la mayor parte de los casos, los contaminantes presentes en los gases son susceptibles de ser oxidados o absorbidos en un medio ácido o en un medio alcalino.

---

<sup>32</sup> 'Scrubbers Y Lavadores de Gases | Condorchem Envitech'  
<<https://condorchem.com/es/lavadores-de-gases-scrubbers/>> [accessed 15 June 2017].

Ilustración 36: Tanque de lavado de gases



Fuente: Autores

En la Ilustración 36 se observa un mecanismo que es utilizado para el proceso de control de olores, cuenta con la utilización de polímeros catiónicos en la floculación, que al no descomponerse en sulfuros hace que disminuya los olores de manera considerable. Aportan de manera que los gases son liberados sin causar daño al medio ambiente.

Ilustración 37: El|evación final



Fuente: Autores



#### 5.2.2.1. Sistema operacional.

Como toda obra de gran tamaño, este proyecto cuenta con un centro de operación sofisticado que cumple la función de supervisar cada punto de abastecimiento de agua en sus tres grandes distritos los cuales son: Jacarepagua, Barra de Tijuca y Recreio. Todo esto se controla mediante una tecnología avanzada la cual permite dar aviso si algún componente falla para de inmediato proceder al mantenimiento adecuado, también permite la revisión de los caudales de entrada y salida, y muchos otros puntos de ayuda brinda este centro operacional.

Ilustración 38: Sistema de control – operacional



Fuente:

[http://zonacero.com/sites/default/files//styles/480x269/public/2017/1/03/foto/operacion\\_aerea.jpg?itok=MAtH4fcc](http://zonacero.com/sites/default/files//styles/480x269/public/2017/1/03/foto/operacion_aerea.jpg?itok=MAtH4fcc)

#### **5.2.2.2. Emisario Submarino De la Barra de Tijuca.**

En la Ilustración 39 se observa el emisario submarino de Barra da Tijuca, en la ciudad Brasileña de Rio de Janeiro que transporta las aguas a 5 Km mar adentro desde los distritos de Jacarepaguá y Barra da Tijuca, en la región occidental de la ciudad por lo tanto su función principal es ayudar a eliminar las aguas residuales.

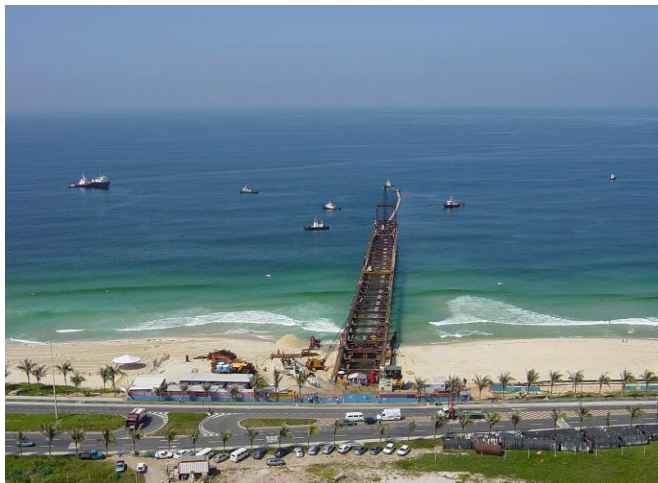
Ilustración 39: Emisario Submarino De la Barra de Tijuca – vista 1



Fuente: <http://mapio.net/pic/p-285522/>

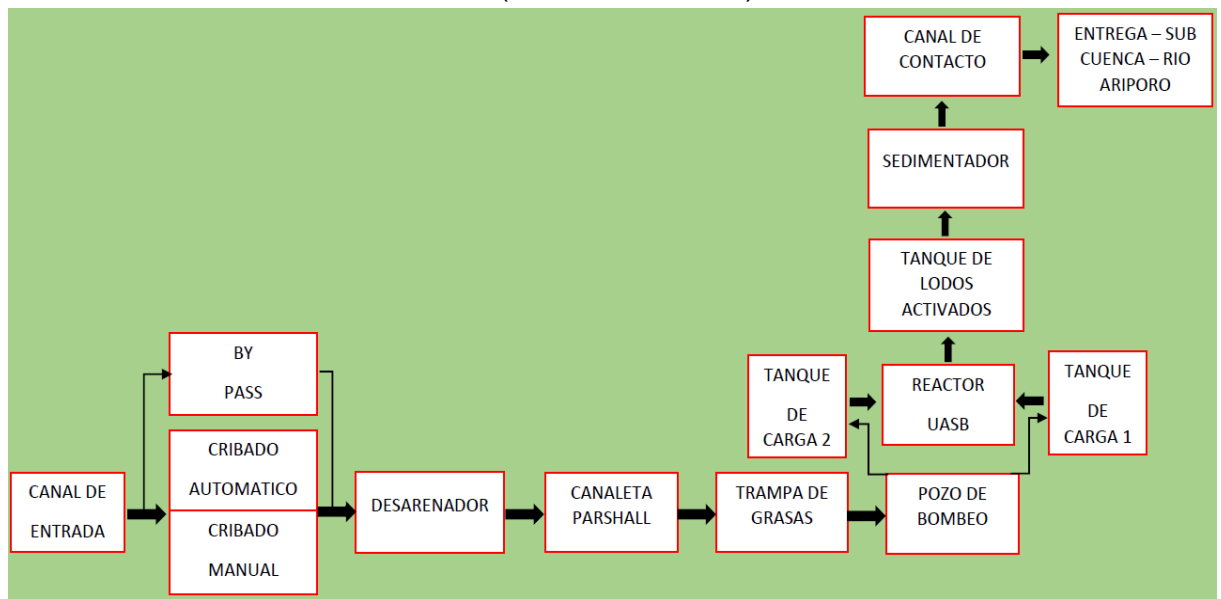
Debido a que el liquido residual el cual es expulsado mediante el emisario submarino tiene una distancia de la costa hasta donde es expulsado de 5 km, por lo tanto, esta misma es la longitud del emisario submarino.

Ilustración 40: Emisario Submarino De la Barra de Tijuca – vista 2



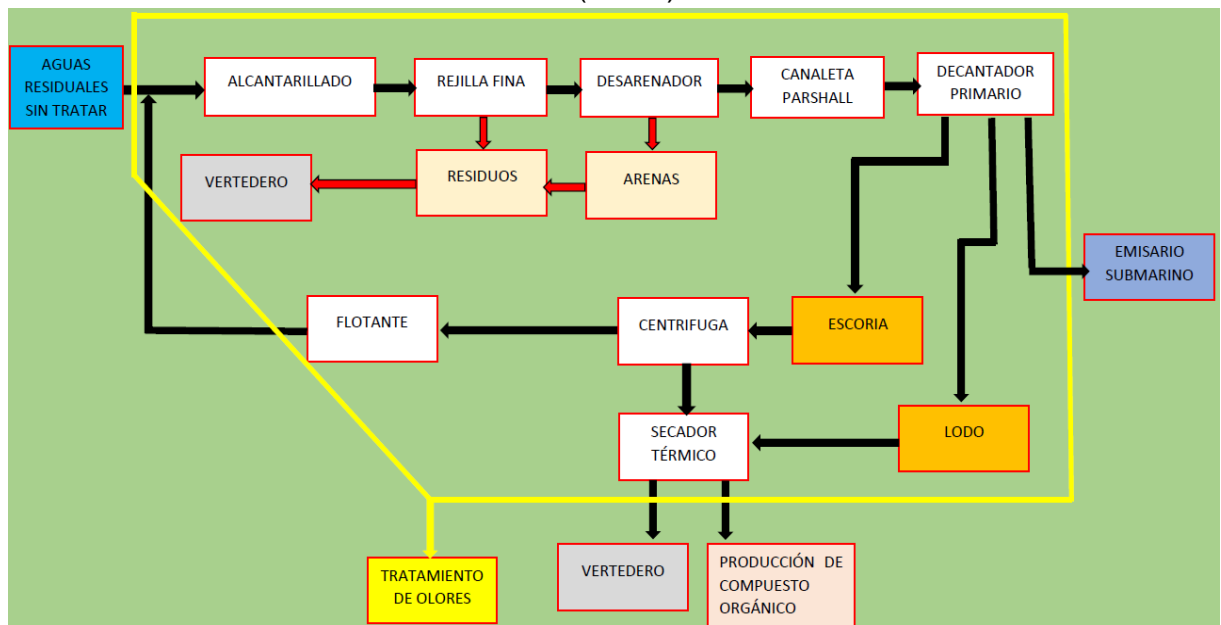
Fuente: <http://mapio.net/pic/p-12597181/>

Ilustración 41: Diagrama de flujo de tratamiento de la PTAR – Paz de Ariporo  
(Cas. – Colombia)



Fuente: Autores

Ilustración 42: Diagrama de flujo de tratamiento de la PTAR – Rio de Janeiro  
(Brasil)



Fuente: Hecho por autores, tomado del diagrama original del CEDAE

### 5.3. ETAPA III – Análisis detallado para sus respectivas conclusiones de las visitas.

**Tabla1:** Diseño de las PTAR.

	Caudal de diseño (L/s)	Poblacion estimada - 30 Años
Paz De Ariporo	120	63.000
Rio de Janeiro (CEDAE)	2.800	1.200.000

Fuente: Autores

**Tabla2:** Verificación de la población estimada para Paz de Ariporo (Cas – Col.)

Crecimiento aritmetico (RAS)	Crecimiento geometrico	crecimiento exponencial (RAS)
$P_f = P_{uc} + \left( \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \right) * (T_f - T_{uc})$	$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{(T_f - T_{uc})}$	$P_f = P_{ci} * e^{\overline{K_g}(T_f - T_{ci})}$
crecimiento poblacion para el año 2020	crecimiento poblacion para el año 2020	crecimiento poblacion para el año 2020
$P_f =$ 39904,00	$P_f =$ 40429,22	$P_f =$ 40429,22
crecimiento poblacion para el año 2025	crecimiento poblacion para el año 2025	crecimiento poblacion para el año 2025
$P_f =$ 43202,00	$P_f =$ 44651,76	$P_f =$ 44651,76
crecimiento poblacion para el año 2030	crecimiento poblacion para el año 2030	crecimiento poblacion para el año 2030
$P_f =$ 46500,00	$P_f =$ 49315,30	$P_f =$ 49315,30
crecimiento poblacion para el año 2035	crecimiento poblacion para el año 2035	crecimiento poblacion para el año 2035
$P_f =$ 49798,00	$P_f =$ 54465,92	$P_f =$ 54465,92
crecimiento poblacion para el año 2040	crecimiento poblacion para el año 2040	crecimiento poblacion para el año 2040
$P_f =$ 53096,00	$P_f =$ 60154,48	$P_f =$ 60154,48
crecimiento poblacion para el año 2047	crecimiento poblacion para el año 2047	crecimiento poblacion para el año 2041
$P_f =$ 57713,20	$P_f =$ 69130,29	$P_f =$ 69130,29
	Donde $r =$	Donde $K_g :$
	$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$	$K_g = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$
	$r =$ 0,020066836	$K_g =$ 0,01987

Fuente: Autores

**Tabla3:** Últimos censos y promedio de la población para el año 2047

Paz de Aripor - Cas.		PROMEDIO POBLACION	
Año	Poblacion	AÑOS	POBLACION
2005	30010	2020	40254
2015	36606	2025	44169
		2030	48377
		2035	52910
		2040	57802
		2047	63422

Fuente: Autores

Con informacion de los ultimos censos, se realizo el promedio de los 3 metodos y el resultado para 30 años dio: 63.422 habitantes. Según informacion suministrada en el municipio, esta PTAR esta diseñada para dentro de 30 años tener una poblacion estimada de 63.000 habitantes por lo cual se puede verificar que los resultados son practicamente los mismos.

**Tabla4:** Datos - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

	DBO - Entrada (mg/L)	DBO - Salida (mg/L)	Eficiencia - %
Paz De Ariporo	250	115	60
Rio de Janeiro (CEDAE)	280	182	35

Fuente: Autores

**Tabla5:** Datos – Solidos suspendidos (SS)

	S.S. - Entrada (mg/L)	S.S. - Salida (mg/L)	Eficiencia - %
Paz De Ariporo	350	150	90
Rio de Janeiro (CEDAE)	350	175	50

Fuente: Autores

**Tabla6:** Datos – Solidos suspendidos (SS)

	Sistema	Tecnologia
Paz De Ariporo	UASB	SISTEMA UASB + TANQUE DE LODOS ACTIVADOS + SEDIMENTADOR + CANAL DE CONTACTO
Rio de Janeiro (CEDAE)	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO PRIMARIO + EFLUENTE FINAL + EMISARIO SUBMARINO (MANEJA UNA TECNOLOGÍA DE MANDO Y MANEJO DE OLORES)

Fuente: Autores

**Tabla7:** Diseño del canal de entrada y de la rejilla de cribado

DISEÑO DEL CANAL DE ENTRADA Y DE LA REJILLA DE CRIBADO			
CANAL DE ENTRADA		REJILLA DE CRIBADO	
Q diseño (m3/s)	0,120	C	0,80
Pendiente (%)	0,5%	Espaciam libre (m)	0,03
Coeficiente manning	0,013	Espesor barrotes(m)	0,02
Altura lamina de agua (m)	0,65	V(m/s)	0,23
Ancho del canal (m)	0,80	Longitud rejilla (m)	1,00
Area del canal (m2)	0,52	Area neta (m2)	0,65
Velocidad de flujo (m/s)	0,23	Ancho de la rejilla (m)	0,80
SEN (60)	0,87	Numero de orificios	27
Longitud canal (m)	1,9	Numero de barras	28
Entra tuberia PVC (Pulg)	12		
Altura del canal (m)	0,8		

Fuente: Autores

En la tabla 7 se puede observar una variedad de datos que fueron suministrados en el municipio de Paz de Ariporo, los cuales se tomaron para verificar y realizar otros tipos de cálculos y hallar más variables que no se conocían.

**Tabla8:** Diseño del desarenador

Diseño desarenador	
Numero de desarenadores	2
Carga superficial (m <sup>3</sup> /dia*m <sup>2</sup> )	1.152
Qdiseño (m <sup>3</sup> /dia)	10.368
Longitud del desarenador (m)	10
Ancho desarenador (m)	1
Carga maxima superficial (m <sup>3</sup> /dia*m <sup>2</sup> )	3.110
q = Materia retenida (m <sup>3</sup> /dia)	0,78
Volumen del desarenador (m <sup>3</sup> )	14
Profundidad de lodos (m)	0,6
Altura desarenador (m)	0,8
Tiempo de retencion (min)	1,9
Pendiente (%)	0,50%

Fuente: Autores

**Tabla9:** Diseño del reactor - UASB

Datos del diseño - UASB	
Tiempo de retencion hidraulico (Horas)	14
Largo (m)	26
Ancho (m)	25
Profundidad (m)	4
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	0,120
Area del reactor (m <sup>2</sup> )	650,00
Carga hidraulica (m/s)	1,85

Fuente: Autores



**Tabla10:** Comparación de ventajas y desventajas de las tecnologías que se implementaron en las PTAR.

Tecnologías en PTAR		
	Ventajas	Desventajas
Paz de Ariporo (Casanare - Colombia).	Cuenta con: Un sistema UASB + Tanque de lodos activados + sedimentador + canal de contacto	Este municipio Colombiano no cuenta con un sistema que controle los olores generados por la PTAR. No cuenta con sistemas que generen de los residuos un compuesto organico. No cuentan con un laboratorio quimico que los mantenga al tanto de los elementos que se utilizan en el proceso de tratamiento.
Rio de Janeiro (CEDAE - Brasil).	Cuenta con: Un sistema de tratamiento primario + Efluente final + Emisario Submarino + Tecnologia de mando + Manejo de control de olores + Secador termico + Chimenea que genera una produccion de compuesto organico. + Laboratorio quimico	La PTAR genera contaminación al aire por la emisión de gases atmosféricos y por químicos contaminantes que se aplican en el proceso.

Fuente: Autores

**Tabla11: Comparación de las tecnologías de manejo de los gases.**

comparaciones de las tecnologías de manejo de los gases	
lugar	Comparaciones
Paz de Ariporo (Casanare - Colombia).	<p>En la planta de tratamiento de aguas residuales Paz de Ariporo Casanare (Colombia), el material que se utiliza del sistema preliminar (cribado), trampa de grasas y sedimentador, el cual se dispone en una cavidad a cielo abierto, para que se realice el proceso adecuado en donde se le aplica CAL periódicamente, con el fin de evitar y controlar malos olores; es importante precisar que una vez, estén en funcionamiento los lechos de secado, se dispondrán los lodos, para su proceso de deshidratación y de esta forma lograr un lodo estabilizado.</p> <p>En cuanto a la emisión de gas metano que genera la planta, este es quemado, para convertir ese metano en dióxido de carbono ya que es menos ofensivo al medio ambiente y por ultimo liberarlo a la atmosfera por medio del reactor UASB donde sera evacuado por 2 rejillas que se encuentran en la parte superior del reactor.</p> <p>Es importante mencionar que la presente información fue suministrada por ingenieros que trabajan en la planta de tratamiento del Municipio de Paz de Ariporo Casanare (Colombia), donde lamentablemente no pudieron brindar más datos, únicamente los nombrados anteriormente, por esta razón la información de la cantidad de gas metano que trata esta planta no fue suministrada, y de la misma forma el proceso exacto de cómo se lleva a cabo el procedimiento de quema del gas. En cuanto al cálculo básico del gas metano, se desconocen algunas variables y por ende no se puede calcular el valor.</p>
Rio de Janeiro (CEDAE - Brasil).	<p>La Planta de tratamiento de aguas residuales (CEDAE - BRASIL), en cuanto al control de olores realiza el siguiente proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un tanque de lavado de gases, en el cual se acumulan los olores emitidos en el tratamiento de las aguas residuales.</li> <li>2. Dentro del tanque se realiza la utilización de polímeros catiónicos en el proceso de floculación.</li> <li>3. Los polímeros no se descomponen en sulfuros, por lo tanto esto genera la disminución de olores de manera considerable.</li> <li>4. Este tratamiento hace que un 50 % de los gases sean liberados y el otro 50% sean enviados a una chimenea para ser quemados junto con el gas metano emitido por la PTAR.</li> </ol> <p>El control de gas metano emitido por la PTAR de Brasil, es transportado por medio de tubería hasta llegar a su destino, este es una chimenea de gran tamaño la cual cumple la función de quemar el gas y generar la producción de compuesto orgánico. Estos avances son de gran importancia para la población a su alrededor.</p> <p>La información anteriormente mencionada, es con la cual cuentan los estudiantes de la salida técnica a Brasil, algunos procesos en cuanto al tratamiento de gas metano, no fueron suministrados con exactitud como lo son las cantidades emitidas a la atmosfera u otros valores para poder calcular estas emisión, es de gran importancia aclarar que la información que se tiene es la mencionada. En cuanto al cálculo básico del gas metano, se desconocen algunas variables y por ende no se pudo calcular el valor.</p>

Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

La Planta de tratamiento de agua residual de Paz de Ariporo (Casanare – Colombia) tuvo un avance tecnológico que brindo al municipio mejores condiciones en el tratamiento del agua.

Al comparar dichas tecnologías entre la Planta de tratamiento de agua residual de Rio de Janeiro (Brasil) y la PTAR de Paz de Ariporo Casanare se tiene muy claro que en Brasil la tecnología es más avanzada pero no con gran diferencia a la de Colombia, tal vez su diferencia de avance se debe a que la población a la que abastece es mucho más grande que la de Colombia por lo cual requiere más innovación. Su población a la que fue diseñada es de 1.200.000 habitantes con 2.800 L/s mientras que la de Paz de Ariporo es de 63.000 habitantes con un caudal de 120 L/s.

La PTAR de Paz de Ariporo mediante los 3 métodos de la RAS 2000 y resolución 2320 del año 2009 (Aritmético, geométrico y exponencial), se llegó a la conclusión de que coinciden los resultados poblacionales con los datos suministrados por el municipio que fueron de 63.000 habitantes proyectados al año 2047.

Los resultados presentados en el diseño del canal de entrada y de la rejilla de cribado, diseño del desarenador y diseño del reactor - UASB anteriormente, se hicieron con datos suministrados por el municipio de Paz de Ariporo, se hallaron los cálculos y se verificaron si cumplían en la última actualización de la RAS 2000 resolución 20. Por lo anterior se llegó a la conclusión en que la PTAR de Paz de Ariporo si cumple con los parámetros establecidos.

Dentro de las comparaciones, se tiene que la planta de tratamiento de agua residual de Paz de Ariporo (Casanare – Colombia), cuenta con un sistema de control de olores muy básico, ya que los fuertes olores son controlados, pero no eliminados por completo. En la planta de tratamiento de agua residual de Rio de Janeiro (Brasil), cuenta con una tecnología de tratamiento de olores los cuales son llevados a cabo mediante un proceso de aplicación largo en el cual los olores son eliminados y liberados brindando así un aspecto más agradable a la comunidad de sus alrededores.

Todas las comparaciones nos arrojaron unas ventajas y desventajas de las cuales el sistema que más se puede implementar en Colombia traído de Brasil, es el tratamiento de olores ya que este es muy avanzado porque permite eliminar los olores prácticamente por completo, sería una tecnología de innovación muy buena si la implementaran en Paz de Ariporo, pero que no genere contaminación al ambiente.

Se compararon los sistemas hidráulicos y procesos físicos, químicos y biológicos de la PTAR de Rio de Janeiro (Brasil) y la de Paz de Ariporo (Casanare – Colombia), por lo que se obtuvo que la PTAR de Paz de Ariporo cuenta con mecanismos más eficientes que la PTAR de Brasil como lo son: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en Paz de Ariporo se tiene una eficiencia del 60% mientras que en Brasil del 35% aunque este porcentaje es de salida ya que al entrar al mar mediante el emisario submarino tendrá una dilución con la pluma de dispersión que da hasta un 90 %.

Los sólidos suspendidos (SS) de la PTAR de Paz de Ariporo cuentan con un 90% de eficiencia y Brasil con un 50% que al igual que en el DBO al entrar al mar tendrá una dilución con la pluma de dispersión que da hasta un 90 %. La PTAR de Río Janeiro (Brasil), cuenta con un gran avance tecnológico como lo es: El emisario submarino el cual trata y transporta el agua sin contaminación.

Anteriormente, se Identificaron las variables que hacen que las tecnologías de tratamiento de estas aguas sean comparables, luego se verifico cual es la eficiencia de remoción de contaminantes asociados a cada proceso y así se llegó a la conclusión de que se cumplieron cada uno de los objetivos planteados y ya mencionados en este proyecto.

Para terminar la norma que rige las PTAR en Brasil es la norma 40 CFR de la EPA, según la visita técnica que se realizó a dicho país, la PTAR de Rio de Janeiro cumple con los parámetros exigidos y brinda nuevas mejoras como lo es la no contaminación al ambiente en cuanto el agua cae al mar.

## RECOMENDACIONES

Analizando los resultados de la investigación realizada, en un proyecto como la construcción de una PTAR, siempre se desea que haya mejoras frente a otras PTAR de ya estén en funcionamiento; por lo tanto, se recomienda que en la PTAR de paz de Ariporo Casanare (Colombia) se implementará un sistema de control de olores mejor o igual a que se está implementando en la PTAR de Rio de Janeiro (Brasil). Ya que, la implementación de dicho sistema en la PTAR de Colombia beneficiaría a la comunidad de su alrededor como a los trabajadores de la PTAR.

Otra recomendación sería incluir un sistema de control de olores ver (ilustración 45) que se encuentra en la PATAR el Tejar-Ibagué (Colombia), a la PTAR de paz de Ariporo-Casanare (Colombia). Este sistema de control de olores se realiza porque el principal subproducto que se obtiene de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica es biogás, el cual contiene gas metano entre 60% al 80% siendo un hidrocarburo de gran valor como combustible teniendo así que manejarlo adecuadamente para no impactar negativamente el ambiente. Por lo anterior si se libera a la atmosfera sin ningún control, cada tonelada de gas metano impactaría 21 veces mas que una tonelada de dióxido de carbón, además de su peligro por sus propiedades explosivas como de ignición espontanea. Dicho sistema mencionado anteriormente está compuesto por cubiertas (ver ilustración 43-44) donde se acumula el gas metano que lo introduciéndolo a un soplador y este es trasportado por tubería hasta el lugar de quemado.<sup>33</sup>

Ilustración 43: Cubierta del canal de entrada a tratamiento preliminar



Fuente: <http://ibal.gov.co/el-tejar>

---

<sup>33</sup> E L Tejar, 'El Tejar', 1997, 1–8.

Ilustración 44: Cubierta de captación del gas metano



Fuente: <http://ibal.gov.co/el-tejar>

Ilustración 45: Perfil esquema PTAR el Tejar



Fuente: <http://ibal.gov.co/el-tejar>

## BIBLIOGRAFÍAS

1. 'Avanza Construcción Y Puesta En Marcha de La PTAR de Paz de Ariporo'  
<<http://www.pazdeariporo-casanare.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Avanza--construcción-y-puesta-en-marcha-de-la-PTAR-de-Paz-de-Ariporo.aspx>>  
[accessed 9 November 2016].
2. '- PAZ DE ARIPORO S.A. E.S.P Nit.844.001.357-0'  
<<http://www.pzasaesp.gov.co/>> [accessed 9 October 2016].
3. Universidad EIA, 'TRATAMIENTOS EN AGUAS RESIDUALES'.
4. Noyola, Adalberto, Juan Morgan, and Leonor Guereca, *Selección De Tecnologías Para El Tratamiento De Aguas Residuales Municipales, Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 2013, 1  
<<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>>
5. Universidad nacional abierta y a distancia – UNAD escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente / diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.
6. RODRÍGUEZ, Jenny Alexandra;. INGENIERO AMBIENTAL. Obtenido de INGENIERO AMBIENTAL,Bogota, D.C, 11 DE NOVIEMBRE DE 2014:
7. Parra Z, Roberto, Grover Apaza M, and Afran Agramont A, 'Estimacion De Factores De Emision De Gases De Efecto Invernadero En Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales', *Revista Boliviana de Química*, 27 (2010), 81–87
8. Lenntech BV. Historia del tratamiento de agua potable (2016). , de WATER TREATMENT
9. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y pincipios de diseño. 3-ED.BOGOTA,D.C: Escuela de ingeniería. 2004.
10. S. D. Servicios, INFORME TECNICO SOBRE TRATAMIENTOS RESIDUALES EN COLOMBIA. BOGOTA.: SUPERSERVICIOS. BOGOTA D.C (2013).
11. CÁRDENAS, Yolanda Andía. TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN (2000).



12. 'Importancia Tratamiento ::: Cuido El Agua'  
<<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/importanciaintratamiento.html>> [accessed 9 September 2016].
13. M. D. Ministerio De Ambiente TECNOLOGIAS INNOVADORAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA MUNICIPIOS MAYORES A 500 HABITANTES Y MENORES DE 300.000. Bogota. (2014).
14. Szarata, Alfredo, Brad Carr, El Salvador, Bruce Henry, Claudia Pamela Altan, Daniel Ruiz O, and others, 'Guía Para El Manejo de Excretas Y Aguas Residuales Municipales', 2004.
15. Dantas, Palestrante Eduardo S R, '– O Caso Da CEDAE-RJ Companhia Estadual de Águas E Esgotos Do Rio de Janeiro - CEDAE', 2010.
16. Twenergy, 'El Tratamiento de Aguas Residuales En Colombia - Twenergy', 2014 <<https://twenergy.com/co/a/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-colombia-1142>> [accessed 21 January 2017].
17. Ambiental, De Impacto, 'Planta de Tratamiento de Aguas Residuales'.
18. Bueno Zabala, Karen Alejandra, 'Evaluación Del Proceso de Estabilización Del pH Del Agua Tratada Del Río Cauca', 2014.
19. Nolasco, D. A. (2010). Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Banco Interamericano de Desarrollo.
20. 'Saneamento Da Barra Da Tijuca, Recreio Dos Bandeirantes E Jacarepaguá'  
<[http://www.cedae.com.br/saneamento\\_barra\\_recreio\\_jacarepagua](http://www.cedae.com.br/saneamento_barra_recreio_jacarepagua)> [accessed 2 May 2017].
21. MINAMBIENTE, 'Decretos | Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible'  
<<http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos>> [accessed 10 August 2017].
22. Von Sperling, Marcos, *Principios Del Tratamiento Biológico de Aguas Residuales*, 2012
23. Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento Básico RAS-2000. Bogotá D.C. Noviembre de 2000.

24. 'DECRETO\_1594-1984\_usos\_del\_agua\_y\_residuos\_liquidados'.
25. Secretaria de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano Ministerio de Medio Ambiente- Brasil.
26. 'Scrubbers Y Lavadores de Gases | Condorchem Envitech'  
<<https://condorchem.com/es/lavadores-de-gases-scrubbers/>> [accessed 15 June 2017].
27. Tejar, E L, 'El Tejar', 1997, 1–8

## ANEXOS

### 1. Certificados de los dos estudiantes donde se demuestra la participación en la salida técnica a Rio de Janeiro Brasil y la visita al programa de saneamiento – CEDAE.

#### CERTIFICADO

CENTRO DE VISITAÇÃO AMBIENTAL DA ESTAÇÃO  
DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA BARRA DA TIJUCA



Certificamos que Michael Jair Gonzales Galvis  
participou de Visita Técnica ao Centro de Visitação Ambiental da Estação de Tratamento  
de Esgotos da Barra da Tijuca - ETE Barra da Tijuca, tendo acompanhado todas as etapas do  
processo de tratamento daquela estação, incluindo sistemas de controle com verificação dos  
parâmetros de projeto, com carga horária de três horas.

Rio de Janeiro, 10 de Janeiro de 2017

Engº Jorge Briard  
Presidente  
Companhia Estadual de Águas e Esgotos

#### CERTIFICADO

CENTRO DE VISITAÇÃO AMBIENTAL DA ESTAÇÃO  
DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA BARRA DA TIJUCA



Certificamos que Cristian Junior Gonzales Martinez  
participou de Visita Técnica ao Centro de Visitação Ambiental da Estação de Tratamento  
de Esgotos da Barra da Tijuca - ETE Barra da Tijuca, tendo acompanhado todas as etapas do  
processo de tratamento daquela estação, incluindo sistemas de controle com verificação dos  
parâmetros de projeto, com carga horária de três horas.

Rio de Janeiro, 10 de Janeiro de 2017

Engº Jorge Briard  
Presidente  
Companhia Estadual de Águas e Esgotos

**2. Autorización para entrar a la planta de tratamiento de Paz de Ariporo – Casanare – Colombia.**



EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS "PAZ DE ARIPORO S.A. E.S.P."  
NIT. 844.001.357-0  
OFICIO EXTERNO

430.22

0016

Paz de Ariporo Casanare, 11 de enero de 2017.

Señores  
**CRISTIAN JAVIER GONZALEZ MARTINEZ**  
**MICHAEL JAIR GONZALEZ GALVIZ**  
Estudiantes Universidad Católica de Colombia  
PAZ DE ARIPORO, CASANARE

**ASUNTO: APROBACION PARA INGRESO A PTAR.**

Es para PAZ DE ARIPORO S.A.E.S.P un honor ayudar a la academia y a estudiantes paz ariporeños en su proceso de aprendizaje. Desde este punto de vista la empresa considerable viable que desarrollen su proyecto de grado en la nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio y por ende abala el ingreso de los aprendices a la PTAR.

Sin otro Particular.

  
**JOSE ANTONIO NARANJO MORALES**  
Gerente

  
Proyectofinanciero Leonardo Delgado Zerate  
Cargo: Jefe de Grupo de Acueducto y Alcantarillado

Recibi  
11 Enero / 2017  
Cristian Javier

Municipio Paz de Ariporo  
Dirección Calle 12 N° 09 – 55. Teléfono. (8) 637 47 03. Código Postal 852030360  
Correo electrónico [contactenos@pzasaesp.gov.co](mailto:contactenos@pzasaesp.gov.co)  
[www.pzasaesp.gov.co](http://www.pzasaesp.gov.co)

Paz de Ariporo, (Casanare) 16 de Diciembre de 2016.

Doctor:  
**FAVIO VEGA GALINDO**  
Alcalde Municipal  
Paz de Ariporo (Casanare)



3111

*Dir. (r) John*

**Asunto:** Proyecto de grado enfocado a la planta de tratamiento aguas residuales del Municipio de Paz de Ariporo.

Cordial saludo,

Nosotros los abajo firmantes Cristian Javier Gonzalez Martinez identificado con cedula de ciudadanía Numero 1.115.862.005 expedida en Paz de Ariporo (Cas) y Michael Jair Gonzalez Galvis identificado con cedula de ciudadanía Numero 1.115.862.970 expedida en Paz de Ariporo, cursamos Noveno semestre en el programa de Ingeniería civil en la Universidad Católica de Colombia en la Ciudad de Bogotá.

De esta manera me dirijo a usted con la finalidad de solicitar la posibilidad de realizar nuestro proyecto de grado, el cual consiste en la comparación de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Rio de Janeiro (Brasil), con el que existe en el municipio de Paz de Ariporo (Cas), para ello se requiere de su aprobación para el ingreso a las instalaciones y obtener acceso a la información documental tales como diseños, planos, memorias de cálculo, costos de la obra y toda aquella que se requiera para cumplir con el objetivo del proyecto.

Sin otro particular,

*[Firma]*

**CRISTIAN JAVIER GONZALEZ MARTINEZ**  
Estudiante Noveno semestre de Ingeniería civil  
Universidad Católica de Colombia

*Michael Gonzalez*  
**MICHAEL JAIR GONZALEZ GALVIZ**  
Estudiante Noveno semestre de Ingeniería civil  
Universidad Católica de Colombia

Anexo: Copia de Carnet estudiantil y recibo de matrícula 9 Semestre